

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Бондарчук Ольга Михайлівна

УДК 504.05:628.511

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЙ ВПЛИВУ  
ЗАЛІЗОРУДНИХ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ НА ОСНОВІ  
ЗМЕНШЕННЯ ПИЛОВИДІЛЕННЯ ШЛАМОСХОВИЩ

21.06.01 - Екологічна безпека

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ-2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі охорони праці та рудникової аерології Криворізького технічного університету Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Голишев Олександр Маркович**,  
Криворізький технічний університет  
Міністерства освіти і науки України,  
завідувач кафедри теплогазоводопостачання,  
водовідведення і вентиляції.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Колесник Валерій Євгенович**,  
Національний гірничий університет  
Міністерства освіти і науки України (м. Дніпропетровськ),  
професор кафедри екології;

кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
**Копач Павло Іванович**,  
Інститут проблем природокористування та екології  
Національної академії наук України (м. Дніпропетровськ),  
заступник завідувача відділу екологічних основ  
технологій природокористування.

Захист дисертації відбудеться „\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2010 р. о \_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.02 із захисту дисертацій при Національному гірничому університеті Міністерства освіти і науки України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного гірничого університету Міністерства освіти і науки України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

Автореферат розісланий „\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2010 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
Д 08.080.02, к.т.н., доцент



В. В. Панченко

Бондарчук Ольга Михайлівна

**Підвищення екологічної безпеки територій впливу  
залізорудних гірничо-збагачувальних комбінатів  
на основі зменшення пиловиділення шламосховищ**

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – Екологічна безпека

Підписано до друку 17.05.2010.

Формат 60x90/16. Папір офсетний. Друк офсетний.

Ум. др. арк. – 0,9. Авт. арк. – 0,9.

Тираж – 100 прим.

Друкарня СПД Щербенок С. Г.  
Свідоцтво ДП № 126-р від 12.10.2004  
вул. Рокоссовського, 5/3, м. Кривий Ріг, 50027  
тел.: (0564) 92-20-77

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** На залізорудних гірничо-збагачувальних комбінатах України ведеться видобування руд відкритим способом з їх подальшим збагаченням та утворенням значних об'ємів відходів (шламів). В результаті, шламосховища Кривбасу займають на сьогодні біля 8 тис. га земель, і загальна кількість шламів в них складає близько 100 млн т. Розміщуються шламосховища на відстані 1–5 км від промислових майданчиків комбінатів та житлових масивів і стають інтенсивними джерелами пиловиділення, що забруднюють атмосферу, прилеглі території і, як наслідок, знижують рівень їх екологічної безпеки. Зокрема, забруднення повітряного басейну таким пилом спричиняє захворювання пилової етіології у населення.

Для недопущення погіршення екологічної безпеки територій впливу, свого часу, були запропоновані гідрознепилювання та закріплення поверхні шламосховищ відходами виробництв. Але у зв'язку з необхідними високими економічними витратами та негативним екологічним впливом цих відходів вказані способи знепилювання не знайшли широкого застосування в практиці. Тому пошук нових ефективних, екологічно чистих, доступних і економічних способів знепилювання шламосховищ залишається важливим напрямом забезпечення екологічної безпеки територій впливу. Таким чином обумовлюється актуальність теми дисертаційної роботи.

У зв'язку з цим в дисертаційній роботі вирішувалась **наукова задача**, що полягає у встановленні залежності між рівнем екологічної безпеки територій впливу та інтенсивністю пиління шламосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами.** Науковий напрям дисертаційної роботи відповідає „Основним напрямам державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки”, які затверджені Верховною Радою України 05.03.1998 р., №188/98-ВР, а також науково-технічній програмі „Екологія Кривбасу”. Базовою для підготовки дисертації стала науково-дослідна робота Криворізького технічного університету за темою „Розробка технології знепилювання сухих поверхонь шламосховища ПівнГЗК” (№ ДР 0102U006893, 2004 р.), в якій здобувач брала участь у якості виконавця.

**Мета і задачі досліджень.** Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування способу підвищення екологічної безпеки територій впливу шламосховищ залізорудних гірничо-збагачувальних комбінатів на основі пилоподавлення. Для досягнення цієї мети були поставлені та вирішені наступні задачі дослідження:

- 1) проаналізувати основні напрямки досліджень щодо екологічної безпеки при зберіганні відходів збагачення;
- 2) дослідити стан екологічної безпеки територій впливу шламосховищ, особливості пиловиділення та фактори, що визначають рівень забруднення атмосферного повітря шламовим пилом;

3) визначити склад закріплюючої композиції, що забезпечує стійке зв'язування частинок шламу на поверхні сухих ділянок шламосховища;

4) дослідити стійкість захисних покриттів як засобу забезпечення екологічної безпеки та стійкість композиції на основі бентонітової глини;

5) розробити організаційно-технологічні заходи з підвищення екологічної безпеки територій впливу шламосховищ з використанням бентонітової композиції.

**Об'єкт дослідження** – процес зміни рівня екологічної безпеки територій, що знаходяться під негативним впливом шламосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів.

**Предмет дослідження** – процес керованого підвищення рівня екологічної безпеки територій впливу шламосховищ шляхом зменшення пиловиділення з їх сухих ділянок на основі використання композиції для закріплення поверхні шламів.

**Методи дослідження.** В роботі використовувалися: аналіз та узагальнення науково-технічної інформації з питань екологічної безпеки територій впливу гірничих підприємств - для вибору перспективних напрямків знепилювання шламових поверхонь; методи фізико-хімічного аналізу – для визначення властивостей шламів та бентонітових глин; лабораторні дослідження – для визначення особливостей пиловиділення на поверхнях шламів до і після їх закріплення глинистими суспензіями; математичне моделювання – для визначення рівня екологічної безпеки територій впливу шламосховищ за пиловим фактором; стандартизовані методики – для визначення приземної концентрації пилу в атмосфері, рівня екологічної небезпеки шламосховищ за пиловим фактором та ефективності запропонованої технологічної схеми знепилювання; натурний експеримент – при визначенні параметрів покриття на основі бентонітової композиції; методи математичної статистики – для оцінки небезпеки стану здоров'я людей в зоні дії пилового забруднення.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у наступному:

1) *удосконалено* метод оцінки екологічної безпеки на основі вперше встановлених регресійних залежностей концентрації шламового пилу в атмосфері від метеорологічних факторів;

2) *вперше* визначено коагуляційні властивості водної композиції бентонітової глини по відношенню до частинок шламів поверхневого шару, що забезпечують створення захисного покриття поверхні шламосховища, та встановлена залежність ефективності закріплення бентонітовою глиною поверхні шламосховища від концентрації коагулянту, що дозволило визначити раціональний склад композиції;

3) *вперше* встановлена залежність рівня екологічної безпеки поверхні шламосховища і території впливу від параметрів нанесення бентонітової композиції, що дозволило обґрунтувати новий спосіб зменшення пиловиділення та оцінити його ефективність.

**Наукові положення**, які захищаються в дисертації:

1. Екологічна небезпека територій впливу шламосховищ визначається інтенсивністю пиловиділення з його сухих поверхонь внаслідок виявленої відсутності зчеплення між частинками шламу, що підтверджується рівністю кутів внутрішнього тертя і похилу залягання шламів у шламосховища. Фізико-хімічною основою підвищення екологічної безпеки є фільтраційні властивості шламів, що забезпечують проникнення складових захисного покриття в їх поверхневий шар, і здатність їх частинок до коагуляції з бентонітовою композицією.

2. Підвищення рівня екологічної безпеки територій впливу шламосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів з “дуже небезпечного” на “слабо небезпечний” забезпечується нанесенням на сухі ділянки шламосховищ водної композиції бентонітової глини, в результаті чого утворюється стійке суцільне захисне покриття з ефективністю знепилювання поверхонь до 86 %.

**Обґрунтованість і достовірність** наукових положень та висновків підтверджується: достатнім обсягом проведених експериментальних досліджень властивостей шламів та бентонітових композицій, інтенсивності пиловиділення з поверхонь шламів до і після їх закріплення; перевіркою результатів експериментальних досліджень на їх достовірність, а також відповідністю результатів математичного моделювання результатам лабораторних і натурних досліджень (розбіжність не перевищувала 10 %); позитивними результатами перевірки запропонованих технічних рішень і рекомендацій у промислових умовах.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у наступному:

1) розроблено методику визначення раціонального складу бентонітової композиції та її витрат, необхідних для утворення суцільних захисних покриттів достатньої стійкості, а також ефективності знепилювання поверхонь шламосховища при різному складі композиції;

2) розроблено спосіб підвищення екологічної безпеки шламосховища і запропоновано технологічну схему нанесення бентонітової композиції на сухі ділянки шламосховища (патент 64425 UA).

**Впровадження результатів дисертаційної роботи.** Запропонований спосіб підвищення екологічної безпеки шламосховища за рахунок зменшення пиління на основі розробленої технології обробки сухих його поверхонь бентонітовою композицією пройшов промислові випробування з позитивним результатом і рекомендований до впровадження на ПівдГЗК (акт впровадження від 20.12.2001 р.) та ПівнГЗК (акт впровадження від 25.12.2004 р.).

Розроблені „Методичні рекомендації по зниженню пиління на сухих площах шламосховищ за рахунок нанесення на них бентонітової композиції з добавкою в'язучого засобу”, які прийняті до використання Асоціацією „Укррудпром” (затверджено 09.09.2006 р.).

**Особистий внесок.** Дисертаційне дослідження є самостійним, завершеним дослідженням автора, яка збирала статистичний матеріал, виконала його обробку, аналіз і наукове узагальнення; обґрунтувала методи дослідження та вирішила поставлені у роботі задачі дослідження. Розробила засоби та

технологічну схему закріплення шламосховищ для підвищення екологічної безпеки і визначила його ефективність. Вклад автора у роботах, опублікованих у співавторстві, наведений у списку робіт за темою дисертації.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертації та її результати доповідалися й отримали схвалення на науково-технічних конференціях: „Географія та екологія Кривбасу” (Кривий Ріг, 1999); „Оперативний контроль і управління якістю мінеральної сировини при видобуванні та переробці” (Ялта, 1999); „Актуальні проблеми профілактичної медицини” (секція „Ксенобіотики. Гігієна довкілля та харчових продуктів. Здоров’я”) (Київ, 2000); „До 70-річчя з дня створення кафедри аерології та охорони праці МДГУ” (Москва, 2000); „Проблеми розвитку Криворізького залізорудного басейну” (Кривий Ріг, 2002); „Якість мінеральної сировини” (Кривий Ріг, 2002); „Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів” (Дніпропетровськ, 2003); „Проблеми фундаментальної і прикладної екології, промислової екології і раціонального природокористування” (Кривий Ріг, 2009).

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 16 наукових працях, у тому числі: 8 статей у фахових виданнях, 7 тез доповідей на науково-практичних конференціях. За результатами роботи отримано 1 патент.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел (137 найменувань на 15 сторінках), 45 рисунків, 41 таблиць, 9 додатків. Обсяг основного тексту складає 142 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми та сформульована наукова задача, мета, задачі, предмет і об’єкт досліджень, наведена наукова новизна і практичне значення отриманих результатів, представлені наукові положення, що виносяться на захист, а також інформація про апробацію результатів дисертації та публікації за її темою.

У першому розділі, у відповідності до першої задачі досліджень, проаналізовано основні напрямки досліджень щодо екологічної безпеки при зберіганні відходів збагачення.

Існуючі технології складування шламів збагачування та специфічні умови експлуатації шламосховищ утворюють реальну екологічну небезпеку забруднення атмосфери пилом. Розташовуються шламосховища, як правило, на відстані 1–5 км від житлових масивів. В процесі експлуатації шламосховища утворюються зневоднені ділянки площею в десятки гектарів. Незакріплені, відкриті поверхні „пляжних” ділянок під впливом вітру утворюють велику кількість пилу, що розсіюється в атмосфері і потрапляє до житлових масивів. В засушливий період року поверхня нагрівається до 50°C і сухий шар шламів досягає товщини 30–50 см. Тому найбільший вплив на формування екологічної небезпеки в цих районах має пиловий фактор.

Аналіз екологічного ризику від впливу шламосховищ, показав, що пил зі шламосховищ, потрапляючи в селітебну зону, негативно впливає на довкілля та здоров'я людей, особливо дітей, що постійно мешкають на територіях житлових мікрорайонів. Захворюваність органів дихання у дітей, як надзвичайно уразливих до впливу пилового фактору, вища в 4 рази, ніж у дорослого населення. Рівні захворюваності дітей на хвороби органів дихання, які мешкають в екологічно небезпечних районах, вищі в середньому у 1,3 разу. За результатами оцінки умов праці робітників шламового господарства саме пил є тим фактором, що визначає рівень професійного ризику.

Виконаний аналіз літературних та патентних джерел показав, що для боротьби з пиловиділенням на різних етапах гірничого виробництва використовується вода та різні хімічні розчини. Деякі з них є відходами, інші – продуктами хімічної промисловості. У зв'язку з неможливістю використання перших при мінусових температурах, а других – з причини їх дефіцитності, дороговизни та екологічної небезпечності, вони не знайшли широкого застосування.

Порівняльний аналіз засобів знепилювання поверхонь показав, що актуальним залишається пошук і розробка більш ефективних, екологічно чистих, технологічних, економічних та недефіцитних засобів для запобігання пилінню поверхні сухих пляжів на шламосховищах. З'ясовано, що одним з можливих підходів до вирішення цієї проблеми є використання розкривних глинистих порід гірничого виробництва, а особливо бентонітової глини Першотравневого залізрудного кар'єру ПівнГЗК. Необхідність розробки науково обґрунтованого способу підвищення екологічної безпеки територій впливу пилу шламосховищ обумовила подальші дослідження у цій області. На підставі аналізу сформульовані мета і задачі досліджень.

**У другому розділі**, у відповідності до другої наукової задачі досліджень, проведено дослідження стану екологічної безпеки та особливостей процесу пиловиділення на шламосховищах та прилеглих територіях, досліджено властивості шламів і вплив факторів середовища на рівень забруднення атмосферного повітря.

Встановлено, що під впливом вітру над поверхнею шламосховища частинки сухих шламів розміром до 500 мкм піднімаються, утворюючи пиловий потік. Досягаючи меж шламосховища (дамби обвалування), потік огинає їх та виходить за межі зони шламосховища. Результати вимірювання приземних концентрацій пилових частинок у повітрі навколо шламосховищ свідчать про високу запиленість атмосфери, що у десятки разів перевищує ГДК, встановлену для пилу, який містить  $\text{SiO}_2$ .

Проведені дослідження властивостей шламів для визначення способу і способу їх знепилювання показали, що сухі шлами представляють собою рихлопіщаний матеріал, між частинками якого немає зв'язку. Склад силікозонебезпечних пилових частинок шламу такий:  $\leq 0,05$  мм – до 75%,  $\leq 0,01$  мм – до 25%. Розвиток ерозії шламової поверхні починається при критичних швидкостях, залежних від розміру частинок. Час набуття частинкою,



що піднялася з поверхні, швидкості руху повітряного потоку прямо пропорційна густині частинок шламу та обернено пропорційна щільності повітря.

Виявлено, що середня швидкість вітру в регіоні вище критичної і складає 5 м/с. Більше того, в середньому за рік реєструється 29 днів з сильним вітром – до 15 м/с, тому складаються умови для інтенсивного пиловиділення шламового пилу в атмосферу. Рівні приземних концентрації пилу поза межами шламосховища, визначені з використанням програмного комплексу „Еол-Плюс”, при середньорічній швидкості вітру перевищуються допустимі.

В результаті кореляційного аналізу величини концентрації пилу від основних факторів атмосферного повітря – швидкості  $v$ , температури  $T$  та вологості  $W$  отримано регресійні залежності (табл. 1).

Таблиця 1

Результати кореляційного аналізу залежності концентрації пилу на межі шламосховища та поза нею від метеорологічних факторів

Границі області визначення	Рівняння залежності концентрації пилу (мг/м <sup>3</sup> ) від швидкості вітру	
	Холодний період року	Теплий період року
межа ШС	$y = 0,519x_1^2 - 0,216x_1 - 1,298$ $R^2 = 0,9936$	$y = 5,038x_1^2 - 18,64x_1 + 16,893$ $R^2 = 0,9959$
25 м від ШС	$y = 0,490x_1^2 - 1,605x_1 + 5,699$ $R^2 = 0,9527$	$y = -0,147x_1^2 + 30,387x_1 - 53,517$ $R^2 = 0,9088$
100 м від ШС	$y = 0,129x_1^2 + 0,246x_1 + 0,546$ $R^2 = 0,9749$	$y = 1,646x_1^2 + 6,971x_1 - 17,769$ $R^2 = 0,8648$
500 м від ШС	$y = 0,157x_1^2 - 0,488x_1 + 1,159$ $R^2 = 0,9932$	$y = 0,868x_1^2 + 11,718x_1 - 27,365$ $R^2 = 0,9936$
Границі області визначення	Рівняння залежності концентрації пилу (мг/м <sup>3</sup> ) від температури повітря	
межа ШС	$y = 0,192x_2^2 + 2,563x_2 + 7,243$ , $R^2 = 0,971$	
Границі області визначення	Рівняння залежності концентрації пилу (мг/м <sup>3</sup> ) від вологості повітря	
межа ШС	$y = 0,026x_3^2 - 8,087x_3 + 491,3$ $R^2 = 0,9863$	
Границі області визначення	Загальні залежності	
межа ШС	$y = 1,424e^{0,355x_1+0,349x_2-0,0489x_3}$	$y = e^{7,782x_1+4,241x_2-0,435x_3}$

Примітка: ШС – шламосховище;  $x_1$  – швидкість вітру, м/с;  $x_2$  – температура повітря, °С;  $x_3$  – вологість повітря, %.

При використанні встановлених загальних залежностей концентрації шламового пилу від метеорологічних факторів є можливість прогнозувати рівні запиленості на шламосховищах гірничо-збагачувальних комбінатів і, в

порівнянні з гранично допустимими концентраціями, визначати зміну ступеня екологічної небезпеки протягом року за коефіцієнтом небезпеки.

**Третій розділ** присвячений вирішенню третьої та четвертої задач досліджень, а саме визначенню складу закріплюючої композиції та ефективності її використання, як засобу забезпечення екологічної безпеки, для стійкого зв'язування частинок шламу на поверхні сухих ділянок шламосховищ.

На основі досліджень інтенсивність пиловиділення в аеродинамічній моделі визначено її залежність від швидкості повітряного потоку та кількість знесеного пилу з часом. Встановлено, що критичною швидкістю повітряного потоку, коли починається здування окремих частинок шламів збагачення, є 2 м/с. При швидкостях 4–6 м/с відбувається масове винесення пилу, причому в початкові, приблизно 10 хв., після подачі повітряного потоку. Отже закріплення сформованих карт шламосховища необхідно проводити відразу після ущільнення шламів.

Запропонована в якості засобу знепилювання бентонітова глина представляє собою дрібні чешуйки та волокноподібні виділення, що і надають глині підвищену сорбційну здатність, пов'язану з великою питомою поверхнею, а це у свою чергу забезпечує досить стійкий стан глинистої суспензії (табл. 2).

Таблиця 2

Характеристика складу та властивостей бентонітової глини

Хімічний склад, %													
Fe <sub>заг</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	S	CO <sub>2</sub>
4,3	0,3	5,9	58,3	16,6	4,7	1,8	0,01	0,04	0,5	1,6	0,6	5,1	2,2
Водно-зв'язувальні властивості													
Набухання, разів	Динамічна в'язкість, мПа·с		Питома поровна, м <sup>2</sup> /кг	Обмінний комплекс, мг·екв/100									
	5%	10%		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	сумарний					
2,1	1,06	1,37	43550	30,54	30,54	13,73	3,35	69,81					

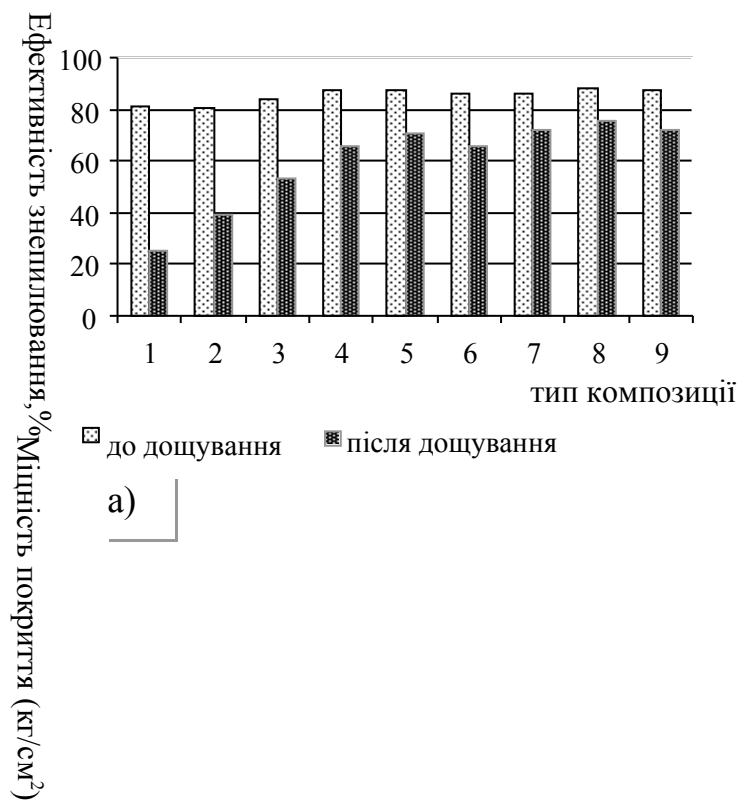
Встановлено, що стабілізація шламової поверхні досягається утворенням на ній покриття за допомогою в'язучих та коагуляційних властивостей бентонітової глини. У результаті експериментальних досліджень процесу здування пилу з поверхонь, закріплених водною суспензією бентонітової глини, визначено ефективний вміст глини в суспензії (рис. 1).

Рис. 1. Графік залежності ефективності знепилювання від концентрації бентонітової глини в суспензії.

Залежність ефективності знепилювання шламів ( $E$ , %) від концентрації бентонітової глини ( $C$ , %) до оптимального рівня адекватно описується рівняннями виду:

$$E = 21,22 \ln(C) + 0,25; \quad R^2 = 0,8668. \quad (1)$$

Крім того, виявлено, що недоліком чистих бентонітових суспензій при їх досить високій захисній можливості (ефективність знепилювання 81,3%) є нестійкість дисперсної системи. До того ж, кірки глини з часом розтріскуються, жолобляться і відстають від поверхні шламу. Для надання глинистим суспензіям підвищеної стабільності, а глинистим кіркам більшої стійкості та еластичності, до глинистих розчинів вносили добавки. Дані по ефективності знепилювання поверхні шламів бентонітовими композиціями з різними домішками та їх механічна стійкість надано на рис. 2. Найкращі результати показали зразки покриті композицією бентонітова глина-доменний шлак з ефективністю знепилювання 88,4% та механічною міцністю покриття 3,0 кг/см<sup>2</sup>.



Склад типів композицій:

- 1) глина 7,0+вода 93,0;
- 2) глина 6,5+ вуглелужний реагент (ВЛР) 8,5+вода 75,0;
- 3) глина 5,0+ВЛР 13,0+ вода 72,0+рідке скло 10,0;
- 4) глина 5,0+полімер К-9 3,0+вода 92,0;
- 5) глина 5,0+меляса 15,0+вода 80,0;
- 6) глина 5,0+сульфідна-спиртова барда 30,0+вода 65,0;
- 7) глина 5,0+цемент 15,0+вода 80,0;
- 8) глина 5,0+доменний шлак 3,0+вода 92,0;
- 9) глина 5,0+вапно 4,0+вода 91,0.



Рис. 2. Ефективність знепилювання бентонітовими композиціями (а) та механічна міцність бентонітових покриттів (б).

Виявлено, що при нанесенні на поверхню шламосховища, бентонітових композицій, утворених на основі водного розчину, відбувається зволоження поверхневого шару шламів та утворення після висихання суміші бентонітового покриття, яке і перешкоджає здійсненню частинок шламів у повітря.

Оскільки інтенсивність зволоження, тобто проникнення водної суспензії у поверхневий шар шламів, визначається фільтрацією, то було проведене дослідження для визначення показника просочування бентонітової композиції (відношення максимальної глибини просочування до часу просочування). Дослідження показали, що, як і передбачалось, найбільшу інтенсивність просочування через шлам, порівняно з суспензіями мала чиста вода (10 мм/хв.). На основі залежностей швидкості просочування від глибини просочування для води, водної суспензії бентонітової глини та водної композиції бентонітової глини з домішками доменного шлаку, меляси, вуглелужного реагенту (ВЛР) з рідким склом та полімерного препарату К-9 визначено, що найбільше проникнення глинистої суспензії у поверхневий шар шламу має бентонітова композиції з додаванням доменного шлаку. Така суміш просочувалася через шлам найбільш рівномірно. Однорідне проникнення складових композиції спостерігалось до глибини 30 мм. Поодинокі вкраплення глини та доменного шлаку виявлялися і на глибині до 40 мм.

Проведені таким чином дослідження структури покриття шламу бентонітовою композицією в динаміці від моменту нанесення і до повного його висихання дали можливість стверджувати, що відсутність зчеплення між частинками шламу, з одного боку, і фільтраційні властивості шламів, – з іншого, забезпечують проникнення складових бентонітової композиції в їх товщу та коагуляцію частинок шламу з одночасним закріпленням поверхні. За результатами вирішення першої, другої та третьої задачі сформульовано перше наукове положення.

**В четвертому розділі**, у відповідності з четвертою задачею досліджень, наведені результати дослідження стійкості бентонітових композицій як засобу

підвищення екологічної безпеки.

Особливістю застосування бентонітових композицій з метою закріплення поверхні пляжів шламосховищ є обмеженість проміжку часу між їх приготуванням та використанням. Це пов'язано, перш за все, з осадженням частинок в бентонітових суспензіях, що приводить до утворення як осаду, так і освітленого шару. Таке розшарування бентонітової суспензії погіршує її властивості зі зв'язування. Тому оцінювання тривалості проміжку часу, протягом якого бентонітова композиція зберігає в допустимих межах ці властивості, є важливими та необхідними.

Математичне моделювання стійкості бентонітових композицій проводилося для статичних і динамічних умов. Статичний режим відповідає знаходженню бентонітової композиції у місткості, а другому випадку розглядається режим руху суспензії по трубопроводу до місця її нанесення.

Процес розшарування бентонітової композиції в місткості визначається параметрами, що залежать від її в'язкості, концентрації та сил опору частинок. Враховуючи, що бентонітова композиція в початковий момент часу має концентрацію частинок  $C_0$ , а концентрація осаду складає  $C_1$ , висота утвореного осаду визначалась згідно запропонованій формулі:

$$h = \frac{mg}{kC} \times \frac{1 - C_0}{C - C_0} \left( t - \frac{m}{k} \left( 1 - e^{-\frac{k\mu}{m}t} \right) \right), \quad (2)$$

де час розшарування композиції на дві фракції

$$t_0 \approx h_0 \frac{k\mu}{mgC} \frac{(C_1 - C_0)(C_0 - C_2)}{(C - C_2)(C - C_0)} + \frac{m}{\mu}, \quad (3)$$

де  $C_2$  – концентрація частинок в освітленому шарі,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $m$  – маса частинки,  $\text{кг}$ ;  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м}/\text{с}^2$ ;  $k$  – коефіцієнт пропорційності;  $\mu$  – динамічна в'язкість композиції,  $\text{Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$ ;  $t$  – час,  $\text{с}$ .

На основі (2), (3) формула висоти осаду в залежності від часу:

$$h(t) = \frac{1 - C_0}{C_1 - C_0} \cdot \frac{g}{\alpha} \left( 1 - \frac{1}{\beta} \right) \left( t + \frac{1 + \beta}{\alpha} \ln \left( \frac{\beta + e^{-\alpha t}}{\beta + 1} \right) \right), \quad (4)$$

де  $\alpha$  та  $\beta$  – коефіцієнти, що характеризують композицію.

Так як застосування бентонітових композицій пов'язано з необхідністю транспортування їх по каналах подачі до місця використання, для простоти аналізу рух частинок розглядали при постійній швидкості у поперечному перерізі каналу подання (рис. 3).

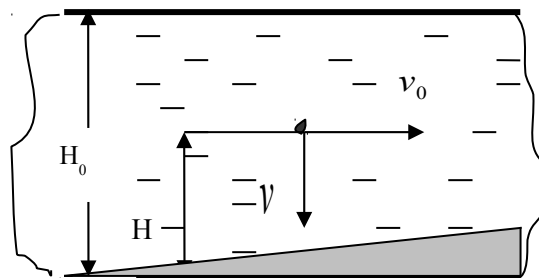


Рис. 3. Схематичне зображення руху частинки бентонітової композиції

з утворенням шару осаду.

Час падіння частинки, тобто досягнення нею дна каналу, одержуємо прирівнявши поточну висоту знаходження частинки відносно дна каналу  $H$  (м) до нуля. Враховуючи це визначався час падіння частинки за формулою:

$$t_0 = \frac{H_0 \times k \times \mu}{mg(1 - \rho_{ж}) \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_T}\right)} + \frac{m}{k \times \mu} \quad (5)$$

Приймаючи до уваги, що частинка на вході в канал має горизонтальну швидкість  $v_0$ , відстань, на яку вона переміститься по горизонталі за час  $t_0$ , визначалася, як

$$l_0 = \left( \frac{H_0 \times k \times \mu}{mg(1 - \rho_{ж}) \left(1 - \frac{\rho_{ж}}{\rho_T}\right)} + \frac{m}{k \times \mu} \right) \times v_0 \quad (6)$$

При збільшенні швидкості протікання бентонітової композиції її рух стає турбулентним. Враховуючи те, що досліджувана глиниста суспензія має ряд варіативних параметрів, для узагальненого аналізу математичних моделей гідромеханіки бентонітової композиції були використані безрозмірні величини. Так, введені безрозмірний час падіння частинки  $\tau = \frac{m}{k \cdot \mu}$ , що враховує головні властивості суспензії, а також пов'язану з цим часом відповідну висоту падіння частинок  $y = g \cdot \tau^2$ .

З урахуванням цього, час повного розшарування бентонітової композиції визначався, як

$$\theta = \eta_0 \frac{x_1 \cdot x_2}{(x_1 + x_2) \cdot x_0} + 1, \quad (7)$$

а висота осаду: 
$$\eta_1 = \frac{x_2}{x_1 + x_2} \cdot \eta_0, \quad (8)$$

і висота освітленого шару: 
$$\eta_2 = \frac{x_1}{x_1 + x_2} \cdot \eta_0, \quad (9)$$

де  $\eta = \frac{h}{y}$ ;  $\theta = \frac{t}{\tau}$ ;  $x_0 = \frac{1}{C_0} \cdot 1$ ;  $x_1 = \frac{C_1}{C_0} \cdot 1$ ;  $x_2 = 1 - \frac{C_2}{C_0}$ .

Відповідні залежності висоти осаду композиції від часу осадження частинок при різних відношеннях початкової концентрації частинок до концентрації частинок в осаді та висоти освітленого шару від часу осадження частинок представлено на рис. 4. За графіком (рис. 5) визначався час повного

розшарування глинистої композиції.

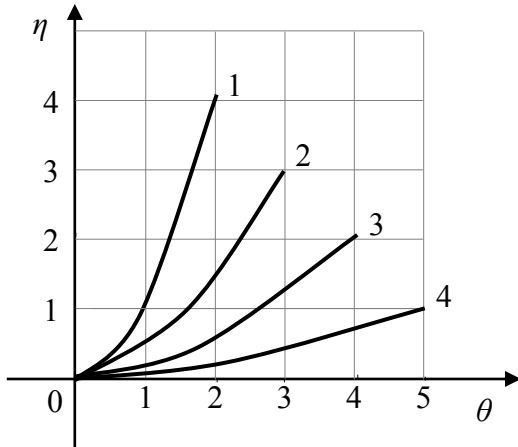


Рис. 4. Графік залежності висоти освітленого шару від часу осадження

частинок: 1)  $\frac{x_0}{x_1} = 1$ ; 2)  $\frac{x_0}{x_1} = 0,5$ ;  
3)  $\frac{x_0}{x_1} = 0,25$ ; 4)  $\frac{x_0}{x_1} = 0,1$ .

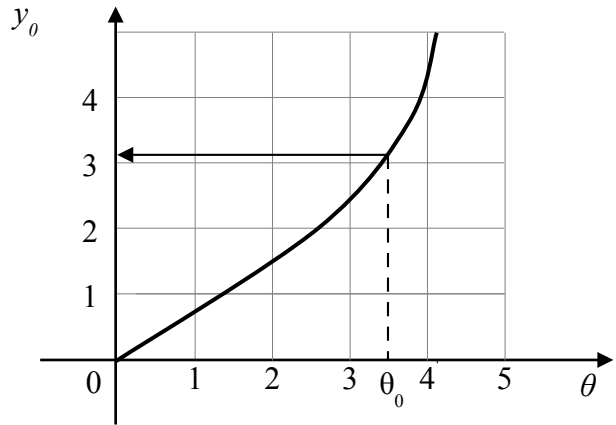


Рис. 5. Графічний спосіб знаходження часу повного розшарування композиції

$$y_0 = \frac{x_1 - x_2}{(x_1 + x_2) \times x_0} \times h.$$

Таким чином було встановлено, що на процес осадження найбільше впливає величина концентрації бентонітової композиції. Згідно представлених результатів реальний час розшарування композиції складає 15 хв. Це вказує на те, що при перевезенні бентонітової композиції протягом більшого часу, треба передбачити способи її перемішування для утримання кондиційних параметрів.

При дослідженні динамічного режиму стійкості бентонітової композиції вважалось, що частинки рухаються по горизонтальному каналу зі швидкістю, що визначається необхідними витратами бентонітової композиції і поперечним перетином її потоку в каналі. Аналіз результатів розрахунків для типових значень параметрів композиції і необхідної продуктивності її нанесення показав, що початок відкладання осаду на дні каналу, яким подається бентонітова композиція, починається після 3 м його довжини. Отже, при довжині каналу, меншій за визначене значення, осад на дні каналу не утворюватиметься, що прийнято до уваги при конструюванні засобів нанесення композиції на поверхню шламу.

**В п'ятому розділі**, у відповідності з п'ятою задачею, розроблені організаційно-технологічні заходи з підвищення екологічної безпеки територій впливу шламосховищ з використанням бентонітової композиції та визначена їх екологічна ефективність.

Розробці організаційно-технологічних заходів передували натурні дослідження. Витрати бентонітової композиції складала на рівні визначених в лабораторних умовах – 2–3 л/м<sup>2</sup>. Спостереження за станом і старінням захисних покриттів велись протягом року. Достатню ефективність показали покриття, утворені бентонітовою композицією з додаванням меляси, цементу та доменного шлаку. Після дощів захисні покриття не втратили своїх захисних властивостей і візуально практично не змінилися, оскільки дощування на

горизонтальних поверхнях сприяє після висихання оновленню бентонітового покриття.

Найбільш ефективним та економічним засобом знепилювання шламосховища є бентонітова композиція з додаванням доменного шлаку.

Запропонована технологічна схема реалізації способу підвищення екологічної безпеки територій впливу шламосховищ з використанням бентонітової композиції передбачає:

1) приготування бентонітової композиції здійснюється змішуванням бентонітового порошку із розрахунку 50 кг на 1 м<sup>3</sup> технічної води в місткості; відкривається трубопровід стисненого повітря, перфорований кінець якого прокладено днищем місткості для інтенсивного перемішування глини з водою до утворення суспензії; процес перемішування триває 12–15 хв.; потім засипається добавка із розрахунку 30 кг на 1 м<sup>3</sup> суспензії і знову змішується аналогічним чином протягом 15–20 хв.;

2) нанесення бентонітової композиції на поверхню шламосховища з використанням запропонованої аерогідродинамічної установки, що встановлюється на поливальний автомобіль БілАЗ-75191; всередині місткості вздовж борту прокладено в чотири ряди труби системи барботування, необхідні для запобігання розшарування композиції; в якості розсіювача суміші застосовується далекоструминний розпилювач, з доопрацюванням приводу механізму повороту; розпилювач комплектується змінними соплами діаметром від 56 до 65 мм, що дозволяють одержувати необхідну далекобійність та інтенсивність розбризкування бентонітової композиції.

Для оцінки екологічної ефективності розробленого способу підвищення екологічної безпеки територій впливу шламосховищ з використанням бентонітової композиції був виконаний порівняльний аналіз лабораторних та натурних вимірювань і розрахункових значень концентрацій шламового пилу на шламосховищі „Войково” ПівдГЗК і території його впливу до і після організаційно-технологічних заходів із реалізації вказаного способу. Розрахунки виконувались за допомогою програмного комплексу „Еол-Плюс” (розробка КБ СП „Топаз”).

Як показали лабораторні та натурні вимірювання, інтенсивність виділення шламового пилу при швидкості вітру 0,5 м/с з використанням бентонітової композиції з додаванням доменного шлаку зменшилася на шламосховищі з 14 г/с на 86%, тобто до 1,97 г/с.

Результати натурних вимірювань та розрахункові значення концентрацій шламового пилу на території впливу шламосховища представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Порівняння значень приземних концентрацій шламового пилу

Концентрація шламового пилу на межі санітарно-захисної зони, у частках ГДК		Концентрація шламового пилу на межі житлової забудови, в частках ГДК	
до заходів	після заходів	до заходів	після заходів



при швидкості вітру 0,5 м/с (штиль)			
0,057*	0,008*	0,031	0,0044
при середній річній швидкості вітру 5 м/с			
12,5*	1,7*	6,8	0,95

Примітка: \* – значення, отримані на основі натурних вимірювань.

За діючими державними санітарними правилами охорони атмосферного повітря населених місць та методичних вказівки „Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря” рівень забруднення та ступінь екологічної небезпеки від забруднення атмосферного повітря здійснюють шляхом порівняння фактичних рівнів експозиції з безпечними (референтними) рівнями впливу та визначенням показника забруднення (коефіцієнта небезпеки). У відповідності з цим для території впливу коефіцієнти небезпеки пиловиділення шламосховищ визначались діленням фактичних та розрахункових величин концентрації шламового пилу (до заходів і після заходів) на гранично допустимі рівні (0,3 мг/м<sup>3</sup>). Таким чином, дані представлені в табл. 3, є значеннями отриманих коефіцієнтів небезпеки.

Як видно з табл. 3, коефіцієнт небезпеки пиловиділення шламосховищ при впровадженні розробленого способу підвищення екологічної безпеки територій впливу шламосховищ з використанням бентонітової композиції на межі санітарно-захисної зони при середній річній швидкості вітру 5 м/с зменшився з 12,5 до 1,7. Це означає зміну ступеня екологічної небезпеки, згідно з державними санітарними правилами охорони атмосферного повітря населених місць, з „дуже небезпечного” на „слабо небезпечний”. Відповідно, для межі житлової забудови він зменшився з 6,8 до 0,95, тобто ступінь екологічної небезпеки змінився з „небезпечного” на „безпечний”, що означає допустимий рівень забруднення.

За результатами вирішення четвертої і п'ятої задач дослідження сформульовано друге наукове положення.

Запропонований спосіб підвищення екологічної безпеки територій впливу шламосховищ з використанням бентонітової композиції пройшов промислові випробування з позитивним результатом і рекомендований до впровадження на залізорудних гірничо-збагачувальних комбінатах. Розроблені „Методичні рекомендації по зниженню пиління на сухих площах шламосховищ за рахунок нанесення на них бентонітової композиції з добавкою в'язучого засобу”, прийняті до використання Асоціацією „Укррудпром”.

Очікуваний економічний ефект від впровадження розробленого способу підвищення екологічної безпеки територій впливу шламосховищ з використанням бентонітової композиції у порівнянні із застосуванням традиційного способу гідрознепилювання складає 50,91 тис. грн/га за рік.

## ВИСНОВКИ

У дисертації, що є завершеною науково-дослідною роботою, поставлена та вирішена актуальна наукова задача, що полягає у встановленні залежності між рівнем екологічної безпеки територій впливу та інтенсивністю пиловиділення шламосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів. Встановлена залежність послужила основою для розробки способу підвищення екологічної безпеки територій впливу шламосховищ, впровадження якого забезпечує зниження ступеня екологічної небезпеки територій впливу шламосховищ залізородних гірничо-збагачувальних комбінатів згідно вимогам державних санітарних правил охорони атмосферного повітря населених місць.

Найважливіші наукові та практичні результати, одержані в дисертації:

1. Сучасний стан екологічної безпеки територій впливу шламосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів є незадовільний. Зберігання відходів збагачення залізної руди супроводжується інтенсивним пиловиділенням, а концентрації пилу в атмосфері над шламосховищами і прилеглих територій перевищують допустимі значення. Згідно державним санітарним правилам охорони атмосферного повітря населених місць ступінь екологічної безпеки територій впливу визначається коефіцієнтом небезпеки пиловиділення. На межі санітарно-захисної зони шламосховищ в окремих випадках він досягає 12,5, що відповідає недопустимому рівню забруднення та ступеню екологічної безпеки „дуже небезпечний”.

2. Причиною здійснення частинок шламу гірничо-збагачувальних комбінатів у вигляді пилу в атмосферу є відсутність їх зчеплення між собою. При цьому вміст частинок розміром менше 50 мкм, що в аерозольному стані при значному вмісті  $\text{SiO}_2$  є небезпечним по захворюванням органів дихання, досягає 68%. Відсутність зчеплення підтверджується рівністю кутів внутрішнього тертя між частками і похилом залягання шламів в місцях їх зберігання.

3. Концентрація виділеного пилу на сухих ділянках шламосховищ визначається швидкістю вітру, температурою та вологістю повітря. Отримані відповідні залежності від цих метеорологічних факторів мають нелінійний характер (параболічний та експоненціальний). Вони дозволяють встановлювати реальні і прогнозовані рівні перевищення запиленості повітря, і були використані в удосконаленій методиці оцінки екологічної небезпеки шламосховища і територій його впливу за коефіцієнтом небезпеки.

4. Бентонітові композиції нанесені на поверхню шламів збагачення після висихання утворюють стійке та міцне покриття. Найвищу ефективність знепилювання показали зразки, покриті бентонітовою композицією з додаванням доменного шлаку – ефективність 88,4%, механічна міцність покриття 3 кг/м<sup>2</sup>. На основі дослідження фільтраційних властивостей шламу встановлено, що глибина проникнення складових бентонітової композиції в товщу шламу досягає 30–40 мм.

5. На основі математичного моделювання процесів осідання частинок у глинистих суспензіях визначено показники стійкості бентонітової композиції як у статичному, так і динамічному режимах, що характеризують зміну висоти

осаду глинистих частинок у часі, терміни повного розшарування композиції, співвідношення концентрацій частинок в осаді та освітленому шарі, а також горизонтальне зміщення частинок відносно їх висоти в каналі подання композиції. Визначені параметри використані при розробці способу приготування та нанесення бентонітової композиції на поверхню шламу. Рекомендовано забезпечення барботування закріплюючої композиції в резервуарі для утримування технологічних параметрів глинистого розчину, що виключало б його розшарування при транспортуванні і розсіванні.

6. Для підвищення рівня екологічної безпеки за рахунок зниження пиловиділення шламів збагачення розроблені організаційно-технологічні заходи знепилювання, що містять технологічні рішення з приготування бентонітової композиції та нанесення її на поверхню шламосховища за допомогою спеціалізованого поливального автомобіля з аерогідродинамічною установкою. Ступінь екологічної небезпеки при впровадженні запропонованого способу зниження пиловиділення змінився на межі санітарно-захисної зони з „дуже небезпечного” на „слабо небезпечний”; а на межі житлової забудови з „небезпечного” на „безпечний”, що означає допустимий рівень забруднення.

7. Запропонований спосіб підвищення екологічної безпеки територій впливу шламосховищ з використанням бентонітової композиції пройшов промислові випробування з позитивним результатом і рекомендований до впровадження на залізорудних гірничо-збагачувальних комбінатах. Розроблені „Методичні рекомендації по зниженню пиління на сухих площах шламосховищ за рахунок нанесення на них бентонітової композиції з добавкою в'язучого засобу”, прийняті до використання Асоціацією „Укррудпром”.

Очікуваний економічний ефект від впровадження розробленого способу підвищення екологічної безпеки територій впливу шламосховищ з використанням бентонітової композиції у порівнянні із застосуванням традиційного способу гідрознепилювання складає 50,91 тис. грн/га за рік.

### **Основні положення та результати дисертації опубліковані в таких роботах:**

1. Лапшин О. Є. Оцінка ефективності та перспективи розвитку способів знепилення на шламосховищах / О. Є. Лапшин, О. М. Бондарчук // Відомості АГН України. – 1997. – № 3. – С. 97–98.

2. Лапшин О. Є. Фізичні особливості забруднення атмосфери навколо шламосховищ / О. Є. Лапшин, О. М. Бондарчук // Відомості АГН України. – 1999. – № 1. – С. 57–59.

3. Лапшин А. Е. Технология складирования и обеспыливания хвостов обогащения железной руды в подземных выработках / А. Е. Лапшин, А. К. Гацкий, О. М. Бондарчук / Разработка рудных месторождений. – 2000. – № 71. – С. 94–97.

4. Лапшин О. Є. Знепилювання на діючих шламосховищах / О. Є. Лапшин, О. М. Бондарчук / Охорона праці. – № 7. – 2001. – С. 30–31.

5. Бондарчук О. М. Математичне моделювання стійкості бентонітових суспензій / О. М. Бондарчук // Вісник КТУ. – 2003. – № 2. – С. 108–111.

6. Бондарчук О. М. Електричні властивості шламів, що впливають на рівень їх пиління / О. М. Бондарчук // Науковий вісник НГУ. – 2004. – № 1. – С. 79–81.

7. Голишев О. М. Дослідження стійкості бентонітових композицій на математичних моделях / О. М. Голишев, О. М. Бондарчук // Науковий вісник НГУ. – 2009. – № 10. – С. 84–86.

8. Гольшев А. М. Оценка экологического риска влияния шламохранилищ горно-обогатительных комбинатов на здоровье населения прилегающих территорий и рабочих этих предприятий / А. М. Гольшев, О. М. Бондарчук, С. П. Луговской, О. В. Нестеренко // Разработка рудных месторождений. – 2010. – № 93. – С. 144–148.

9. Пат. на винахід 64425 А, МПК7 E21F5/00. Речовина для захисту сипучих матеріалів від виділення пилу / О. Є. Лапшин, А. К. Гацький, О. М. Бондарчук; заявник та власник патенту КТУ. – №2003054914; заявл. 29.05.03; опубл. 16.02.04, Бюл. № 2. – 3 с.

10. Лапшин А. Е. Управление эффективностью (качеством) обеспыливания технологического процесса / А. Е. Лапшин, А. К. Гацкий, О. М. Бондарчук, О. В. Нестеренко // Сб. трудов II Междунар. симп. „Оперативный контроль и управление качеством минерального сырья при добыче и переработке”, Ялта, 12–17 июля 1999 г. – Ялта, 1999. – С. 228–232.

11. Бондарчук О. М. До питання про стан забруднення атмосфери навколо діючих шламосховищ Криворізького регіону / О. М. Бондарчук // Матеріали регіон. наук.-практ. конф. „Географія та екологія Кривбасу”, Кривий Ріг, 15 жовтня 1999 р. – Кривий Ріг, 1999. – С. 79–90.

12. Бондарчук О. М. Запобігання пилоутворення на діючих шламосховища Кривбасу за допомогою композицій на основі бентонітових глин / О. М. Бондарчук, О. М. Данільчук // Тези доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених „Актуальні проблеми профілактичної медицини”, Київ, 16 жовтня 2000 р. / Ін-т екологієни і токсикології ім. Л. І. Медведя. – К., 2000. – С. 35–36.

13. Лапшин А. Е. Предупреждение пылеобразования на действующих шламохранилищах Кривбасса / А. Е. Лапшин, О. М. Бондарчук // Горный информ.-аналит. бюллетень. – М. : Из-во МГГУ, 2000. – № 7. – С. 90–92.

14. Лапшин О. Є. Интенсивность загрязнения атмосферы и способы обеспыливания на шламохранилищах / А. Е. Лапшин, А. К. Гацкий, О. М. Бондарчук // Сб. научн. трудов к 80-летию КТУ „Качество минерального сырья” – Кривой Рог, 2002. – С. 278–282.

15. Бондарчук О. М. Захисна оцінка композицій на основі бентонітових глин для знепилення діючих шламосховищ Кривбасу / О. М. Бондарчук // Матеріали науч.-практ. конф. „Проблемы развития Криворожского железорудного бассейна”. – Кривой Рог, 2002. – С. 166–167.

16. Лапшин О. Є. Покращення екологічного стану Криворізького регіону

шляхом знепилення діючих шламосховищ / О. Є. Лапшин, А. К. Гацький, О. М. Бондарчук // Матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. „Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів”. – Дніпропетровськ, 2002. – С. 40–41.

**Особистий внесок автора в роботах, опублікованих у співавторстві:**

[1] – огляд способів знепилювання, систематизація хімічних реагентів по механізму впливу їх на поверхні; [2, 3] – постановка наукової задачі дослідження, огляд напрямків використання глин у технологіях складування відходів збагачення; [4, 10, 13] – ідея використання у якості пилов’язувального матеріалу бентонітових глин, ідея схеми нанесення глиняної суспензії на суху поверхню шламосховища, дослідження ефективності знепилювання; [7] – проведення розрахунків параметрів стійкості композиції, встановлення практичного значення їх використання; [8] – збір та обробка статистичних даних про захворюваність населення під впливом пилового фактору; [10] – визначення граничної та оптимальної вологості шламів; [13] – встановлення залежності терміну зволоження від інтенсивності подання води на поверхню шламів, визначення ефективності знепилювання поверхні шламів суспензією бентоніту; [14] – проведення досліджень електричних властивостей бентонітових глин; [16] – розрахунок рівнів пиловиділення на територіях шламосховищ та за його межами, участь в проведенні натурних досліджень по знепилюванню та аналіз отриманих даних.

**АНОТАЦІЯ**

**Бондарчук О. М. Підвищення екологічної безпеки територій впливу залізородних гірничо-збагачувальних комбінатів на основі зменшення пиловиділення шламосховищ. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01. – Екологічна безпека. – Національний гірничий університет, Міністерство освіти і науки України, Дніпропетровськ, 2010.

У дисертації вирішена актуальна наукова задача, що полягає у встановленні зв’язку між рівнем екологічної безпеки та інтенсивністю пиління шламосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів з розробкою способу зменшення їх впливу на довкілля.

Досліджено процеси утворення пилових викидів зі шламосховищ на основі вивчення властивостей шламів збагачення залізородної гірничої маси та закономірності розповсюдження екологічно небезпечного пилу на прилеглих територіях. Обґрунтована доцільність використання водної композиції, що містить бентонітову глину і закріплюючі добавки, як захисного покриття сухих ділянок шламосховищ для підвищення екологічної безпеки. Ступінь екологічної небезпеки при впровадженні запропонованого способу зниження пиловиділення змінився з „дуже небезпечного” на „слабо небезпечний”.

*Ключові слова:* екологічна безпека, шламосховище, пил, розповсюдження пилу, бентонітова композиція, моделювання, спосіб знепилювання.

## АННОТАЦИЯ

**Бондарчук О. М. Повышение экологической безопасности территорий влияния железорудных горно-обогатительных комбинатов на основе уменьшения пылевыведения шламохранилищ. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – Экологическая безопасность. – Национальный горный университет, Министерство образования и науки Украины, Днепропетровск, 2010.

В диссертации решена актуальная научная задача, направленная на определение связи между уровнем экологической безопасности и интенсивностью пыления шламохранилищ горно-обогатительных комбинатов с разработкой способа снижения их влияния окружающую среду.

Проанализировано состояние экологической безопасности при хранении отходов обогащения железной руды, которое сопровождается интенсивным пылевыведением, а концентрации пыли в атмосфере над шламохранилищами и близлежащими территориями превышают допустимые уровни. Образованная шламовая пыль, достигая жилых районов, отрицательно влияет на экологическое состояние территорий, ухудшает здоровье взрослого и особенно детского населения, которое постоянно живет в зоне пылевого влияния ГОКов (заболеваемость детей в 4 раза выше).

Исследованы процессы образования пылевых выбросов из шламохранилищ на основе изучения закономерностей распространения экологически опасной пыли на прилегающих территориях. Предложены многофакторные зависимости концентрации пыли от основных факторов атмосферного воздуха, с помощью которых возможно прогнозировать уровни угрозы по кратности превышения расчетных значений допустимых.

В результате изучения свойств шламов обогащения как объекта пылеобразования, определено отсутствие сцепления между частицами, что является предпосылкой их пыления. При этом содержание частиц размером меньше 50 мкм, что в аэрозольном состоянии при значительном содержимом  $\text{SiO}_2$  является опасными по заболеваниям органов дыхания, достигает 68%. Отсутствие сцепления подтверждается равенством углов внутреннего трения между частицами.

Установлена обратная зависимость между насыпной и минералогической плотностью шламов обогащения и пористостью их залегания, которая использована для воспроизводства залежи шламов в кювете при лабораторном определении качественных характеристик покрытий для обеспыливания поверхности шламов.

Проведенный анализ средств и способов обеспыливания пылящих поверхностей свидетельствует о том, что в настоящее время для связывания пыли используется преимущественно вода, так как применение более

эффективных средств сдерживается экономическими факторами. Однако смачивание поверхности шламов водой обеспечивает только краткосрочный эффект связывания пыли, что усложняет использование этого способа в условиях сухого и жаркого периода года, когда интенсивность пылевыведения максимальная.

В качестве средства обеспыливания предложена бентонитовая глина, свойства которой обеспечивают высокую степень защиты (81,3% при массовой концентрации бентонита 6–7% в суспензии, приготовленной на технической воде, и затратах на единицу поверхности исследованных образцов 3,5–4,5 л/м<sup>2</sup>). Для придания глинистым покрытиям устойчивости и эластичности в суспензию рекомендуется добавлять стабилизаторы. Наилучшие результаты показали образцы „бентонитовая глина - доменный шлак”, эффективность закрепления – 88,4% при механической прочности покрытия 3,0 кг/см<sup>2</sup>. Исследование покрытия шламов бентонитовой композицией при определении фильтрационных свойств показали, что глубина проникновения составляющих композиции достигает 30–40 мм. Расслоение бентонитовой суспензии на осадок и жидкость влияет на связывание шламовых поверхностей, с этой целью проведена оценка времени, на протяжении которого композиция сохраняет в допустимых пределах необходимые свойства. В результате выявлен характер изменения высоты осадка во времени; показан порядок графического определения срока полного расслоения композиции; выявлено соотношения высоты образованного осадка от концентраций частиц в осадке и жидкости; установлена связь горизонтального смещения частички и ее относительной высоты в канале.

Разработана технологическая схема приготовления бентонитовой композиции и нанесение ее на поверхность шламохранилища с помощью специализированного поливочного автомобиля с аэрогидродинамической установкой. При этом предлагается введение барботирования смеси в резервуаре для обеспечения технологических параметров глинистого раствора и исключения его расслоения при транспортировке и нанесении на поверхность шламов. Производительность аэрогидродинамической установки при затратах бентонитовой композиции 2–3 л/м<sup>2</sup>, составила – 12–9 га/смену.

Внедрение предложенной технологической схемы позволит снизить уровень экологической безопасности с „очень опасной” на „слабо опасную”.

*Ключевые слова:* экологическая безопасность, шламохранилище, пыль, распространение пыли, бентонитовая композиция, моделирование, способ обеспыливания.

## SUMMARY

**Bondarchuk O. M. Increasing ecological safety of the area influenced by iron ore dressing plants on the basis of reducing the dust level of slime pits. - Manuscript.**

Dissertation for a candidate's degree by speciality 21.06.01 – Ecological safety. – National mining university, Ministry of education and sciences of Ukraine, Dnepropetrovsk, 2010.

Urgent scientific task devoted to contacting between ecological safety level and slime pit dust level of ore-dressing plants with development of their influence on environment reducing method is solved in thesis.

The processes of forming dust emissions by slim pits on the basis of studying properties of enriched iron ore slimes as well as the main regularities of spreading ecologically dangerous dust on the area adjoining them have been investigated. Using water composition containing bentonite clay and fixing additions in the capacity of protecting the surface of slime pits dry plots for improving ecological safety have been also justified. Ecological danger level at introducing proposed method of dust extraction reducing has changed from „very dangerous” to „slightly dangerous”.

*Key words:* ecological safety, slime pit, dust, dust distribution, bentonite composition, modeling, dedusting method.